

МЕТОДИКА ПРИСКОРЕНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ

*О.О. Закладний, В.В. Прокопенко, Т.В. Гребенюк
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Анотація. Діагностування стану електрообладнання при його виготовленні, ремонті та профілактичних перевірках є невід'ємною частиною технологічного процесу. Приладів для діагностування потребують підприємства промислово-енергетичного комплексу, залізничного й морського транспорту, гірничодобувні, збагачувальні й целюлозно-паперові комбінати, ремонтні заводи і т. ін.

Вступ. Асинхронні двигуни (АД), як правило, розраховані на термін служби 15 – 20 років без капітального ремонту, за умови правильної їх експлуатації. Під правильною експлуатацією АД розуміється його робота відповідно до номінальних параметрів, зазначених в паспортних даних електродвигуна. Однак у реальному житті має місце значне відхилення від номінальних режимів експлуатації. Це, передусім, низька якість напруги живлення й порушення правил технічної експлуатації: технологічні перевантаження, умови навколишнього середовища (підвищені вологість, температура), зниження опору ізоляції, порушення охолодження.

Наслідком таких відхилень є аварійні режими роботи АД. У результаті аварій щорічно виходять із ладу до 10% застосовуваних електродвигунів. Наприклад, 60% свердловинних електронасосних агрегатів виходять з ладу частіше одного разу на рік. Вихід з ладу АД призводить до важких аварій і значних матеріальних збитків через простой обладнання, затрати на усунення наслідків аварій і ремонт електродвигуна, що вийшов з ладу. Ремонт електричної машини потужністю до 1 кВт обходиться в 750...900 грн. Щоб оцінити вартість ремонту потужнішої машини, треба помножити цю цифру на потужність двигуна. Крім цього, робота на аварійних режимах призводить до підвищеного енергоспоживання та збільшення споживаної реактивної потужності [1].

Матеріали та результати досліджень. Залежно від характеру зміни навантаження, розрізняють чотири основних номінальних режима роботи АД: тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний і змішаний. Основною характеристикою навантажувальних режимів є теплова характеристика електродвигуна. Робота АД завжди супроводжується його нагріванням, що зумовлено процесами, які відбуваються в ньому, і втратами енергії. Нормативний термін служби електродвигуна визначається, в остаточному підсумку, припустимою температурою нагрівання його ізоляції.

У сучасних двигунах застосовується кілька класів ізоляції, припустима температура нагрівання яких становить для класу А – 105 °С, Е – 120 °С, В – 130 °С, Р – 155 °С, Н – 180 °С, С – понад 180 °С. Перевищення припустимої температури призводить до передчасного руйнування ізоляції й істотного скороченню терміну роботи двигуна [2].

Аварії АД поділяються на два основних типи механічні й електричні. Механічні аварії – це деформація або поломка вала ротора, ослаблення кріплення осердя статора до станини, ослаблення обпресування осердя ротора, пошкодження бабіту в підшипниках ковзання, руйнування сепаратора, кільця або кульки в підшипниках кочення, поломка крильчатки, відкладення пилу й бруду в рухомих елементах тощо.

Електричні аварії АД, своєю чергою, поділяються на три типи:

- мережеві аварії (аварії за напругою), пов'язані з аваріями в електромережі;

- струмові аварії, пов'язані з обривом провідників в обмотках статора, ротора або кабелю, витковим й фазним замиканням обмоток, порушенням контактів і руйнуванням з'єднань, виконаних пайкою або зварюванням, аварії, що призводять до пробою ізоляції в результаті нагрівання, викликаного протіканням струмів перевантаження або короткого замикання;

- аварії, пов'язані зі зниженням опору ізоляції внаслідок її старіння, руйнування або зволоження[3].

Відомі приклади реалізації діагностувальних комплексів для електродвигунів при їх виробничому або післяремонтному випробуванні [4]. Всі вони мають навантажувальні пристрої.

Розроблений діагностувальний комплекс - це програмно-апаратний комплекс, призначений для поточного моніторингу й післяремонтних випробувань, дослідження та аналізу реального стану електромеханічних систем, експериментальної оцінки стану електродвигуна й видачі рекомендацій щодо умов експлуатації діагностованої електричної машини. Стенд визначає параметри електричних машин без сполучення їх з навантажувальними пристроями, що значно знижує трудомісткість випробувань і скорочує час їх проведення.

Стенд визначає номінальні параметри двигуна, значення яких установлені в паспортних даних або технічних умовах (потужність, частоту обертання, струм, ККД, коефіцієнт потужності, максимальний момент, момент інерції двигуна), а також внутрішні параметри (активні та індуктивні опори обмоток, струми і втрати короткого замикання й холостого ходу і ін.).

Система прискореного випробування, діагностування та контролю двигунів у вигляді випробувального стенду на базі адаптивного керування з фаззі-контролерами є новим електротехнічним обладнанням, яке визначає параметри електричних машин без з'єднання їх з навантажувальними пристроями та проводить випробування при зниженій напрузі живлення. Система дозволяє визначити в повному обсязі параметри, характеристики та технологічні показники електродвигунів.

Цикл випробувань складається з послідовної роботи електродвигуна у трьох динамічних режимах – короткого замикання, холостого ходу та вільного вибігу. Випробування проводяться при зниженій напрузі, а тривалість їх складає не більше 10с. Під час випробувань знімаються значення струму двигуна, частоти обертання та вимірюється тривалість режимів короткого замикання, холостого ходу і вільного вибігу.

Пристрій визначає номінальні параметри двигуна (потужність, частоту обертання, струм і електромагнітний момент) та внутрішні параметри (активний і індуктивний опори двигуна, електромагнітну та електромеханічну сталі часу), а також швидкість ідеального холостого ходу та момент інерції [2].

Методика визначення параметрів двигуна за результатами режиму короткого замикання полягає в наступному:

1. осцилографують процес короткого замикання $i(t)$ при зниженій напрузі;
2. визначають сталі значення струму $i_{кз}=I_n$;
3. знаходять $T_я$ при $0,632i_{кз}$;
4. розраховують $R_я = U_x / i_{кз}$;
5. визначають $L_я = T_я R_я$;
6. визначають тривалість перехідного процесу $t_{пн}$ і перевіряють величину $T_я$.

Методика визначення параметрів двигуна за результатами режиму холостого ходу полягає в наступному:

1. осцилографують процес холостого ходу, тобто зміну струму й швидкості в часі при зниженій напрузі;
2. визначають сталі значення швидкості ω_{0x} й I_{xx} (струм холостого ходу);

3. розраховують конструктивну сталу двигуна $C_d = U_x / \omega_{0x}$;

4. перераховують значення отриманих параметрів на природну характеристику.

Визначають величину ω_n .

$$\omega_n = \frac{U_n}{C_d} - \frac{I_n R_y}{C_d} = \omega_0 - \frac{I_n R_y}{C_d} ;$$

5. визначають тривалість перехідного процесу й знаходять величину T_1 .

Методика визначення параметрів двигуна за результатами режиму вільного вибігу полягає в наступному:

1. осцилографують процес вільного вибігу $\omega(t)$ при зниженій напрузі;

2. визначають тривалість перехідного процесу;

3. розраховують момент інерції J , електромеханічну сталу двигуна T_m , сталі T_1 і T_2 , максимальне значення струму I_{max} і час t_{max} .

Висновок. Розроблена методика прискореного діагностування, яка дозволяє встановити параметри електродвигуна без сполучення його з навантажувальними пристроями, що значно знижує трудомісткість випробувань і скорочує час їх проведення.

Цикл випробувань складається з послідовної роботи електродвигуна у трьох динамічних режимах – короткого замикання, холостого ходу та вільного вибігу. Під час випробувань вимірюються значення струму статора (якоря), частоти обертання й тривалість режимів короткого замикання, холостого ходу й вільного вибігу.

Література

1. Овчаров В.В., Рижков А.О. Діагностування експлуатаційних режимів роботи і захист асинхронного двигуна за температурою сталі та кратністю сили струму.
2. Закладний О.М., Алтухов Є.І., Прядко С.Л., Смоляр В.Г. Пристрій для прискореного випробування колекторних машин // Вісник НТУУ “КПІ”, серія “Гірництво”, - 2000. Вип. 3. – С. 37-41.
3. Черный А.П., Луговой А.В., Максимов М.Н., Родькин Д.И., Сисюк Г.Ю. Эксплуатационная надежность электрических двигателей переменного тока и пути ее повышения // Проблемы створення нових машин і технологій: Наук. праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2000. – Вип. 1(8). – С.150-156.
4. Луговой А.В., Родькін Д.І. Випробувальний комплекс для діагностики електричних машин // ЕЛЕКТРОінформ. – 2001. – №1. – С.14-16.